Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 2, May-June 2020, p. 455-469

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۹، ص. ۴۶۹-۴۵۵

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی اثر کاربری جنگل و مرتع بر فرسایش بین‌شیاری و برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در جنوب شرقی ایران

آرزو شریفی[1*]- حسین شیرانی[2]- علی اصغر بسالت‌پور[3]- عیسی اسفندیارپور بروجنی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۱

چکیده

فرسایش بین‌شیاری یکی از انواع مهم فرسایش است که سهم عمده‌ای در انتقال ذرات ریز خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد. به همین منظور هدف از انجام این مطالعه تعیین حساسیت خاک چهار نوع کاربری اراضی مختلف اطراف شهرستان جیرفت به فرسایش بین‌شیاری هم به وسیله شبیه‌سازی باران و هم از طریق تعیین تعدادی از شاخص‌های پایداری خاکدانه بود. کاربری‌های مورد بررسی شامل مرتع دست‌خورده، مرتع دست‌نخورده، جنگل حفاظت شده، و جنگل مصنوعی بود. برای انجام این کار متناسب با میانگین بلندمدت منطقه بارانی با شدت ۶۰ میلی‌متر بر ساعت توسط دستگاه شبیه‌ساز باران بر روی خاک ایجاد و فرسایش بین‌شیاری اندازه‌گیری شد. سپس شاخص‌های پایداری خاکدانه و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار ماده آلی، رس و مقاومت کششی، و کمترین مقادیر جرم مخصوص ظاهری، درصد شن و بعد فراکتال در مرتع دست نخورده (پوشش غالب درمنه، گون، یال اسبی و گیس پیرزن) وجود داشت. توزیع اندازه ذرات رسوب در مرتع دست‌نخورده کوچکتر و در جنگل حفاظت شده بزرگتر بود. هم‌چنین بیشترین غلظت رسوب و بیشترین مقدار فرسایش در مرتع دست‌خورده وجود داشت. کمترین غلظت رسوب در جنگل مصنوعی و کمترین مقدار فرسایش در جنگل مصنوعی و جنگل حفاظت شده دیده شد. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که رخداد فرسایش بی‌شیاری در برخی کاربری‌ها به ویژگی‌های ذاتی خاک مانند بافت خاک و در برخی دیگر به شیب زمین بستگی دارد. از طرف دیگر مقایسه مقدار فرسایش و غلظت رسوب نشان می‌دهد که این دو ویژگی در کاربری‌های مورد مطالعه با هم مطابقت دارند. به این معنی که می‌توان غلظت رسوب را به عنوان شاخص مقدار فرسایش در نظر گرفت. در مجموع بهترین روش در جهت کاهش فرسایش بین‌شیاری در منطقه را می‌توان انجام اقدامات مدیریتی از قبیل حفظ و احیای پوشش گیاهی دانست که هم ساختمان خاک را بهبود بخشیده و هم فرسایش‌پذیری آن را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: بعد فراکتال، رس قابل پراکنش، رسوب، شبیه‌ساز باران، مقاومت کششی خاکدانه

مقدمه

فرسایش خاک گسترده‌ترین فرم تخریب خاک در جهان است و تأثیرات مخربی بر تمام اکوسیستم‌های طبیعی و تحت مدیریت انسان دارد. فرسایش بین‌شیاری یکی از انواع مهم فرسایش است که عبارت از جدا شدن ذرات خاک در اثر برخورد قطره‌های باران و انتقال آنها توسط فرایند پاشمان و جریان کم عمق ورقه‌ای است (۱۱). فرسایش ناشی از باران که اولین مرحله فرسایش آبی است، نقش مهمی در فرسایش پاشمانی و بین‌شیاری دارد (۵). فرسایش بین‌شیاری حاصل فرسایش پاشمانی و ورقه‌ای است و به ویژگی‌هایی مانند شدت بارندگی، شدت و عمق جریان و نوع خاک از قبیل مقدار ماده آلی، بافت خاک و پایداری خاکدانه بستگی دارد (۱۷). در مورد اهمیت فرسایش بین‌شیاری باید گفت که این نوع فرسایش در اراضی مرتعی، زمین‌های شخم‌نخورده و یا زمین‌هایی که شیب آن‌ها کم است، به عنوان فرایند غالب فرسایش شناخته می‌شود (۳۷). در مناطق خشک و نیمه‌خشک با پوشش سطحی و گیاهی اندک، ذرات ریز خاک را انتقال داده و حاصلخیزی خاک را کاهش و آب‌های سطحی را آلوده می‌کند (۴۷).

کاربری اراضی، یکی از اصلی‌ترین راه‌های دخالت انسان در فرایندهای طبیعی و بهبود یا تخریب ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک است (۵۲). انسان قادر است از طریق تبدیل کاربری اراضی، خاکدانه‌سازی، پایداری خاکدانه، و فرسایش‌پذیری خاک را

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، استاد و دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Arezoo_sha62@yahoo.com)
۳- دکتری علوم خاک و استادیار مؤسسه Inter3، برلین، آلمان
DOI: 10.22067/jsw.v34i2.83911

تحت تاثیر قرار دهد (۲۵). از این‌رو استفاده از کاربری‌هایی که ضمن افزایش تولید و کیفیت محصول، بهبود کیفیت ساختمانی خاک و پایداری محیط زیست را نیز در پی داشته باشند ضروری است (۲۸).

اندازه‌گیری شدت‌های فرسایش خاک در شرایط بارندگی طبیعی و هنگامی‌که پوشش گیاهی و توپوگرافی متغیرند، هزینه‌بر و وقت‌گیر است (۴۴). به این منظور روش‌های آزمایشی قابل کنترل مانند شبیه‌سازی باران و رواناب در مزرعه یا در محیط آزمایشگاه (۳۹) به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزایای شبیه‌سازی باران، قیمت نسبتا پایین، توانایی جمع نمودن سریع داده‌ها، سرعت در عمل و انعطاف‌پذیری، و هم‌چنین امکان کنترل بهتر مقدار، شدت و زمان بارندگی نسبت به باران‌های طبیعی است (۲۶ و ۴۴). خاک‌های جنگلی و مراتع به دلیل تفاوت‌های اساسی در توپوگرافی، زمین‌شناسی سطحی، آب و هوا، پوشش گیاهی و کاربری اراضی، غالبا ویژگی‌های خیلی متفاوتی نسبت به اراضی کشاورزی دارند. اگرچه خاک‌های جنگل‌ها و مراتع تاریخچه‌ای از به‌هم‌خوردگی در اثر آتش‌سوزی، چرا، فعالیت‌های مربوط به قطع درختان، و احداث جاده و مسیرهای پیاده‌روی دارند (۱۲)، اما این فعالیت‌ها مانند شخم در زمین‌های کشاورزی، سبب به هم‌خوردگی یکنواخت خاک نمی‌شوند. خاک‌های جنگلی و مراتع به دلیل ساختمان توسعه یافته‌تر و خاکدانه‌های پایدار بیشتر فرسایش‌پذیری کمتری نسبت به خاک‌های کشاورزی دارند. به علاوه در این خاک‌ها در شرایط دست‌نخورده پوشش گیاهی، بقایای گیاهی و ریشه‌ها، زبری سطح خاک را افزایش داده و بنابراین تنش برشی روی ذرات خاک را کاهش می‌دهند که باعث جدا شدن کمتر ذرات خاک نسبت به خاک‌های کشاورزی می‌شود. با این وجود، تغییراتی که توسط انسان در پوشش گیاهی، خاک و توپوگرافی آنها رخ می‌دهد، می‌تواند اثرات زیانباری مانند کاهش سرعت نفوذ و حاصلخیزی خاک و کوچک شدن اندازه خاکدانه‌های خاک را در پی داشته باشد. هم‌چنین قطر متوسط ذرات خاک کاهش یافته و باعث می‌شود که ذرات خاک به آسانی توسط جریان آب منتقل شود و رسوب افزایش یابد (۳۹).

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، اندازه‌گیری‌های مستقیم حساسیت خاک به فرسایش در سطح مزرعه اغلب گران و وقت‌گیر هستند. بنابراین علاوه بر شبیه‌سازی باران، می‌توان از ارتباط بین ویژگی‌های خاک و فرسایش‌پذیری آن استفاده کرد (۲۳). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌هایی که فرسایش‌پذیری و هدررفت خاک را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد پایداری خاکدانه است و از طریق اندازه‌گیری آن، می‌توان به میزان مقاومت خاک در برابر اثرات مخرب خارجی باران، رواناب، یا باد پی برد. خاک‌های با خاکدانه‌های ناپایدار بیشترین حساسیت را به فرسایش آبی، بادی و هدررفت مواد غذایی دارند (۶، ۱۷ و ۴۳).

طبق نظر هیلل (۱۸) پایداری خاکدانه به معنی توانایی مقاومت در برابر نیروهای تجزیه کننده‌ای مانند آب است که بر خاکدانه عمل می‌کنند (۶). پایداری خاکدانه با شرایط کلی خاک، مدیریت، شرایط طبیعی و الگوهای کاربری اراضی تغییر می‌کند (۵۱). روش‌های زیادی برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه وجود دارد (۲۲). از جمله نمایه‌هایی مانند بعد فراکتال (۱۴ و ۵۲)، میانگین وزنی قطر[1]، میانگین هندسی قطر[2]، خاکدانه‌های پایدار در آب[3]، رس قابل پراکنش[4] (۴۳)، انرژی اولتراسونیک (۲۴) و روش منحنی مشخصه رطوبتی پر انرژی[5] (۲۷) را می‌توان نام برد. این نمایه‌ها نسبت به تغییر کاربری اراضی، مدیریت یا عملیات حفاظتی حساس هستند.

منطقه جیرفت در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده که وجود کاربری‌های مختلف در این منطقه آن را به یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی ایران تبدیل کرده است. در منطقه جیرفت و نواحی اطراف آن، بیشتر بارندگی‌ها به صورت باران‌های شدید و سیل‌آسا در فصل زمستان و به مقدار کمتر در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد، علاوه بر این به دلیل چرای بی‌رویه دام، استفاده عشایر از درختان و درختچه‌ها برای گرمایش و پخت‌وپز، و هم‌چنین به دلیل خشکسالی‌های سال‌های اخیر، پوشش گیاهی کاهش چشم‌گیری داشته است که باعث ایجاد انواع فرسایش‌ها مانند فرسایش ورقه‌ای و بین‌شیاری، شیاری، خندقی و غیره در این منطقه شده است. این مطالعه با اهداف کلی: ۱) بررسی اثر چهار نوع کاربری مرتع دست‌خورده و کمتر دست‌خورده و جنگل حفاظت شده و جنگل مصنوعی بر ایجاد رواناب و فرسایش و شاخص‌های ساختمانی با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران، ۲) تعیین ویژگی‌های مؤثر بر نمایه‌های ساختمانی خاک در کاربری‌های مختلف و ۳) تعیین ارتباط بین فرسایش خاک و نمایه‌های پایداری خاکدانه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش به‌منظور تعیین حساسیت خاک چهار نوع کاربری اراضی اطراف شهرستان جیرفت (″۱۳ ′۴۰ °۲۸ شمالی و ″۱۳ ′۴۴ °۵۷ شرقی) به فرسایش بین‌شیاری از طریق شبیه‌سازی باران و اندازه‌گیری نمایه‌های پایداری خاکدانه انجام شد. کاربری‌های مورد بررسی شامل مرتع دست‌خورده فراش، مرتع دست‌نخورده مرغزار، جنگل حفاظت شده انار شیطان، و جنگل مصنوعی تل سیاه بود (شکل ۱ الف). براساس آمار اداره هواشناسی شهرستان جیرفت باد

1- Mean Weight Diameter (MWD)
2- Geometric Mean Diameter (GMD)
3- Water-Stable Aggregation (WSA)
4- Water Dispersible Clay (WDC)
5- High Energy Moisture Characteristic (HEMC)

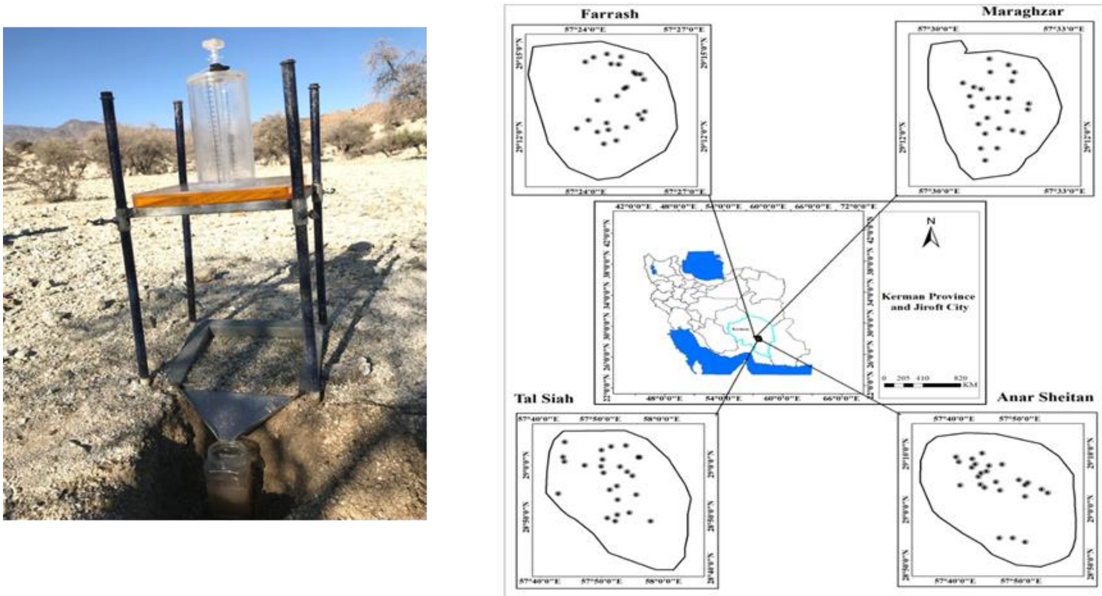
غالب منطقه با نام محلی باد نره است که جهت آن ۱۸۰ درجه است و زمان وقوع آن از اوایل بهار تا اواخر تابستان است. حداکثر سرعت باد مشاهده شده در منطقه ۵۸ نات و مربوط به سال ۱۳۸۵ بوده است.

مرتع فراش با مساحت ۱۰۹۳۵ هکتار در فاصله ۸۰ کیلومتری شهرستان جیرفت واقع شده، است. متوسط سالیانه بارندگی آن ۳۹۲/۵ میلی‌متر و میانگین دمای آن ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد است. وجود هرزآب‌های فراوان و وقوع فرسایش آبی در سطح آن و بهره‌برداری از آن توسط افراد سودجو تخریب مرتع را در پی داشته است (۴۱).

در فاصله ۸۵ کیلومتری شهرستان جیرفت مرتع مرغزار با مساحتی برابر با ۵۸۰۲/۵۵ هکتار قرار دارد. اقلیم منطقه سرد خشک و متوسط بارندگی سالانه ۳۴۶/۴۴ میلی‌متر و متوسط دما ۱۹/۵ درجه سانتی‌گراد است. تیپ گیاهی در دامنه‌ها گونه درمنه و نوعی گون و گونه استیپا (یال اسبی و گیس پیرزن) است. اما گونه غالب در ارتفاعات، بیشتر درمنه و گون است. هم‌چنین در این منطقه گیاهانی مانند پیازکوهی، بومادران، بروموس، جگن، یال اسبی، مریم نخودی، نسترن، کاکوتی، فرفیون، سگ‌دندان و اسپند نیز مشاهده می‌شود (۴۲).

جنگل حفاظت شده انارشیطان جیرفت، بزرگ‌ترین ذخیره‌گاه جنگلی و یکی از مشهورترین رویشگاه‌های این درختچه است. انارشیطان (*Tecomella undulata*) از گونه‌های نادر گیاهی از تیره پیچ‌اناریان (Bignoniaceae) می‌باشد. جنگل انار شیطان در ۲۵ کیلومتری شمال شهر جیرفت واقع شده و حدود ۴۰ هکتار وسعت دارد. انارشیطان گونه درختی بسیار مهمی است که از لحاظ زیست محیطی، بیابان‌زدایی، دارویی، صنعت چوب و حفاظت از خاک در برابر فرسایش دارای اهمیت است. به‌طوری که از طریق اتصال ریشه‌های زیرزمینی به تثبیت شن و ماسه‌های روان در سطح بالایی خاک کمک می‌کند. مهم‌ترین و بزرگترین رویشگاه‌های این درخت در دلفارد و اسفندقه جیرفت قرار دارد. اقلیم منطقه گرم و نیمه معتدل با میانگین بارندگی سالیانه ۱۸۰ میلی‌متر و ریزش‌های جوی زمستانه است. منطقه دارای تابستان‌های بسیار گرم و زمستان معتدل بوده و دمای کمینه سالانه بین ۵ تا ۵۰ درجه سلسیوس است. خاک رویشگاه‌های این درخت نسبتا عمیق و دارای بافت شنی تا لومی شنی و اغلب سنگریزه‌دار می‌باشد (۲).

در پنج کیلومتری شهرستان جیرفت منطقه تل‌سیاه با مساحت حدود ۲۵۳۹ هکتار قرار گرفته است. میانگین بارندگی آن با توجه به آمار ایستگاه هواشناسی جیرفت که نزدیکترین ایستگاه به منطقه ۱۷۰ میلی‌متر در سال است، دمای سالانه آن، بین ۴- تا ۴۹ درجه سلسیوس متغیر است. از سال ۱۳۹۴ سازمان منابع طبیعی اقدام به کشت سه گونه آکاسیا، کنار و کهور ایرانی در این منطقه کرده است. این درختان به فاصله ده متری از هم کاشته شده‌اند (۴۰).



شکل ۱- الف) موقعیت نقاط نمونه‌برداری و ب) نمایی از دستگاه شبیه‌ساز باران

Figure 1- a) Sampling area location, b) view of rainfall simulator device

روش نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

برای هر کدام از کاربری‌های جنگل و مرتع دست‌خورده و دست‌نخورده تعداد ۲۵ و به طور کلی ۱۰۰ نقطه انتخاب شد. سپس با استفاده از GPS نقاط مشخص شده از روی نقشه بر روی زمین مشخص شدند (شکل ۱ الف).

هم‌چنین برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری برداشته شدند. به این منظور ابتدا بقایای آلی روی سطح خاک کنار زده شده و سپس از مجاورت نقاطی که در آنها شبیه‌سازی باران انجام شده بود، نمونه‌برداری انجام شدند. نمونه‌های دست‌خورده با بیلچه و نمونه‌های دست‌نخورده با استفاده از سیلندرهای با ابعاد ۵ سانتی‌متر جمع‌آوری شد. هم‌چنین به منظور تعیین مقاومت کششی خاک، از هر محل، نمونه‌های خاکدانه برداشت شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ابتدا نمونه‌های دست‌خورده هوا خشک شدند. سپس برای بررسی ساختمان خاک از الک ۴ میلی‌متری و برای اندازه‌گیری سایر ویژگی‌های خاک بعد از کوبیدن با چکش چوبی از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۶)، کربن آلی با روش اکسیداسیون تر (۴۹) به‌دست آمد. قابلیت هدایت الکتریکی خاک (EC) (۳۸) و اسیدیته خاک (pH) در عصاره اشباع (۲۹) اندازه‌گیری شدند. کربنات کلسیم معادل خاک به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (۴۵)، و مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل استفاده در نمونه خاک و رسوب به ترتیب به‌وسیله پرمنگنات پتاسیم قلیایی، بی‌کربنات سدیم (۳۲) و استات آمونیوم خنثی (۳۴) تعیین شد. هم‌چنین مقدار جرم مخصوص ظاهری با روش استوانه و در نمونه دست‌نخورده (۳) به‌دست آمد. برای تعیین درصد وزنی سنگریزه ابتدا حجم مشخصی از خاک را وزن کرده و پس از عبور دادن از الک ۴ میلی‌متری، ذرات باقیمانده بر روی الک توزین شد. از تقسیم وزن ذرات باقیمانده روی الک بر کل وزن ذرات خاک ضربدر ۱۰۰ درصد وزنی سنگریزه تعیین شد. هم‌چنین میانگین هندسی قطر ذرات خاک (dg) و انحراف معیار هندسی ذرات (σg) محاسبه شد (معادله ۱ و ۲):

$$dg = -0.001 \sum_{i=1}^{n} f_i \ln M_i \qquad \text{معادله ۱}$$

$$\sigma g = 0.01 \sum_{i=1}^{n} f_i \ln^2 M_i - a^2 \qquad \text{معادله ۲}$$

در این معادله fi درصد فراوانی نسبی هر یک از اجزای خاک (شن سیلت و رس) و Mi میانگین عددی قطر هر جز است. مقادیر Mi برای شن ۱/۰۲۵ میلی‌متر و برای سیلت ۰/۰۲۶ و برای رس ۰/۰۰۱ میلی‌متر است.

برای جدا سازی ماده آلی ذره‌ای (POM) با روش حذف حرارتی[1] ابتدا مقدار۳۰ گرم خاک رد شده از الک ۲ میلی‌متری با ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول هگزامتافسفات سدیم ۵ درصد پراکنده شد. مخلوط به مدت ۱۶ ساعت با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه شیک شد. سپس سوسپانسیون را از الک ۰/۰۵ میلی‌متری رد کرده تا ذرات شن و POM جدا شوند. نمونه‌ها را در آون در دمای ۵۵ درجه قرار داده تا خشک شده و به وزن ثابت برسند. سپس نمونه‌ها در کوره در دمای ۴۵۰ درجه به مدت ۴ ساعت قرار داده شد که در این دما ماده آلی از بین رفته و وزن شن باقی‌مانده به دست می‌آید. اگر این وزن از وزن اولیه (شن + POM) کم شود مقدار POM محاسبه می‌شود. سپس مقدار POM در ۱۰۰ گرم خاک گزارش شد (۹).

اندازه‌گیری رس قابل پراکنش و برخی ویژگی‌های ساختمانی

برای اندازه‌گیری رس قابل پراکنش در آب[2] دو نمونه ۴ گرمی خاک رد شده از الک ۲ میلی‌متری را برداشته و یکی را در ظرف آلومینیومی و دیگری در لوله سانتریفیوژ (۴۰ میلی‌لیتری درپوش‌دار) ریخته شد. وزن آون خشک نمونه ظرف آلومینیومی به دست آمد. سپس با آب مقطر حجم نمونه‌ها را به ۴۰ میلی‌لیتر رسانده تا سوسپانسیون ۱:۱۰ ایجاد شود. دمای محلول را اندازه گرفته و با توجه به دما زمان ته‌نشینی تعیین شد. سپس با استفاده از پیپت دیجیتال از عمق ۲/۵ سانتی‌متری ۲/۵ میلی‌لیتر نمونه برداشته و پس از خشک شدن وزن شد (۷).

$$Clay(\%) = 100 \times \left[\frac{RW_2 \times CF}{TW} \right] \qquad \text{معادله ۳}$$

در این رابطه Clay بخش کوچک‌تر از ۲ میکرومتر، RW_2 وزن باقی‌مانده ذرات کوچک‌تر از ۲ میکرومتر، CF عبارت از ۴۰ میلی‌لیتر تقسیم بر DV است که DV حجم پیپت (۲/۵ میلی‌لیتر) است. TW وزن کل نمونه آون خشک است.

مقاومت کششی خاکدانه با استفاده از روش برزیلی و تست تک محوری اندازه‌گیری شد (۱۳). مبنای کار این روش، محاسبه نیروی فشاری لازم برای خرد کردن یک خاکدانه در میان دو صفحه بارگذاری صاف و موازی است. در این دستگاه قطعه‌ای که مستقیما روی خاکدانه قرار می‌گیرد، به کمک یک اهرم و ظرف آب انتهای آن بر نمونه نیرو وارد می‌کند. با افزایش تدریجی آب به ظرف خاکدانه ترک بر می‌دارد. در این لحظه جریان آب قطع شده و جرم آب موجود در ظرف اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری مقاومت کششی خاکدانه‌ها توده هوا خشک به دقت و به آرامی از سری الک‌ها عبور داده شد تا خاکدانه‌های با قطر ۱۱/۲-۸، ۱۶-۱۱/۲ و ۲۵-۱۶

1- Loss on Ignition (LOI)

2- Water Dispersible Clay (WDC)

میلی‌متر جدا شوند. سپس از هر گروه اندازه‌ای تعداد ۳۰-۱۰ عدد خاکدانه انتخاب شده و مقاومت کششی اندازه‌گیری می‌شود. مقدار نیروی فشاری لازم برای شکست خاکدانه بر حسب کیلو نیوتن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$F = \left[\left(M_c * \frac{X1}{X2}\right)\right] * g$$ معادله ۴

Mc جرم آب لازم برای شکستن خاکدانه بر حسب گرم، X1 طول اهرم بالا بر حسب سانتی‌متر، X2 طول اهرم پایین بر حسب سانتی‌متر و g شتاب ثقل بر حسب سانتی‌متر مجذور ثانیه می‌باشد. در نهایت مقاومت کششی خاکدانه‌ها به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Y = 5.76 \frac{F}{d_{eff}^2}$$ معادله ۵

$$d_{eff} = \frac{d_{max} + d_{min}}{2}$$ معادله ۶

d_{eff} قطر خاکدانه مورد آزمایش، d_{max} و d_{min} نیز به ترتیب قطر الک بزرگ و کوچک است و Y بیانگر مقاومت کششی خاکدانه برحسب کیلو پاسکال می‌باشد.

شاخص‌های میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) به روش الک تر اندازه‌گیری شد. ابتدا ۵۰ گرم خاک عبور داده شده از الک ۴ میلی‌متری را بر روی سری الک با اندازه‌های ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱ میلی‌متر (مطابق با استاندارد ASTM) ریخته و به‌مدت ۳ دقیقه با سرعت ۳۰ دور در دقیقه در آب تکان داده شد (۴۸). سپس خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر الک آون خشک شده و با دقت توزین گردید. از آنجا که امکان وجود ذرات درشت (سنگریزه و شن) در اندازه خاکدانه‌ها وجود دارد تصحیح شن انجام شد. در نهایت وزن خاکدانه‌ها بدست آمده و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از معادله (۷) محاسبه شد:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} w_i \bar{x}_i$$ معادله ۷

$\bar{x}_i$ میانگین قطر خاکدانه‌های باقیمانده بر روی الک، w_i نسبت وزن خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک به وزن کل و n تعداد الک‌ها می‌باشد.

بعد فراکتال خاکدانه‌ها با استفاده از استاندارد ASTM تعیین شد. زمان تکان دادن الک‌ها برای هر نمونه خاک ۲ دقیقه با سرعت دورانی افقی ۴۴۰ دور در دقیقه دستگاه الک خشک در نظر گرفته شد (۴۸). در نهایت پس از تصحیح ذرات شن وزن خاکدانه‌ها به دست آمد. برای محاسبه بعد فراکتال از ویژگی‌های فراکتالی مدل یانگ و همکاران (۵۰) بهره‌گیری شد:

$$\frac{M(r < R_i)}{M_t} = \left(\frac{R_i}{R_{max}}\right)^{3-D_m}$$ معادله ۸

که در آن $M(r < R_i)$ جرم تجمعی ذرات خاک از کوچک‌ترین کلاس تا کلاس i ام، M_t جرم کل ذرات خاک، Ri قطر ذرات (mm) در کلاس i ام، R_{max} بزرگترین قطر ذرات در بزرگ‌ترین کلاس و D_m بعد فرکتالی ذرات است. با لگاریتم‌گیری از دو طرف رابطه بالا، رابطه خطی زیر حاصل می‌شود:

$$\log \frac{M(r < R_i)}{M_t} = (3 - D_m)\log\left(\frac{R_i}{R_{max}}\right)$$ معادله ۹

بعد فرکتال از شیب این خط استخراج می‌گردد.

اندازه‌گیری فرسایش بین‌شیاری

برای تعیین حساسیت خاک به فرسایش بین‌شیاری از دستگاه شبیه‌ساز باران مدل کامفورست[1] (۱۹۸۷) استفاده شد (شکل ۱ ب). این باران‌ساز در اندازه پلات ۰/۰۶۲۵ متر ساخته شده و کاملا استاندارد بوده و استفاده از آن برای تعیین فرسایش‌پذیری‌های سطحی در صحرا روشی استاندارد است (۲۰). باران‌ساز مورد مطالعه از سه قسمت آب‌پاش با تنظیم کننده فشار برای تولید بارش استاندارد، پایه برای آب‌پاش و قاب فلزی که پوشش گیاهی و خاک مورد آزمایش داخل آن قرار می‌گیرد، تشکیل شده است. دستگاه شبیه‌ساز قابل حمل به نقاط نمونه‌برداری تعیین شده روی نقشه برده شد. براساس آمار بلندمدت منطقه، بارانی با قطر قطرات ۱/۵ میلی‌متر و شدت ۶۰ میلی‌متر بر ساعت شبیه‌سازی شد. این شدت باران معرف شدیدترین بارندگی رخ داده در منطقه در طولانی مدت بود. با توجه به ناخالصی های موجود در آب و احتمال اثرگذاری آنها بر شدت فرسایش بین‌شیاری همچنین به دلیل این‌که پاسخ خاک ممکن است تحت تاثیر ترکیب شیمیایی آب باشد، برای شبیه‌سازی باران از آب مقطر استفاده شد (۱۹). رواناب ایجاد شده در طی هر شبیه‌سازی به طور پیوسته و به وسیله قوطی‌های پلاستیکی یک لیتری جمع‌آوری و زمان جمع‌آوری نمونه از لحظه شروع رواناب تا زمان پر شدن قوطی ثبت شد. سپس غلظت رسوب در هر نمونه رواناب اندازه‌گیری گردید. به این منظور پس از تعیین حجم رواناب، برای تعیین جرم رسوب نمونه را از کاغذ صافی واتمن۴۰ عبور داده و در دمای ۱۰۵ درجه در دستگاه آون به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. به این ترتیب از تقسیم میزان رسوب بر حجم رواناب غلظت رسوب بر حسب گرم بر لیتر به-دست آمد. سپس ویژگی‌هایی مانند توزیع اندازه ذرات رسوب به روش میکروپیپت (۳۰)، مقدار نیتروژن، فسفر، پتاسیم قابل استفاده و مقدار ماده آلی موجود در رسوب، مشابه خاک که پیشتر اشاره گردید، اندازه‌گیری شد.

1- Kamphorst

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور انجام آنالیزهای آماری از طرح کاملا تصادفی با ۴ تیمار که شامل کاربری‌های مرتع دست‌خورده، مرتع دست نخورده، جنگل مصنوعی و جنگل طبیعی با ۲۵ تکرار در هر کاربری بود، استفاده شد. مقایسه میانگین شاخص‌های ساختمانی بین کاربری‌ها با آزمون LSD در نرم‌افزار SPSS25 و در سطح پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

جداول ۱ و ۲ به ترتیب نتایج توصیف آماری ویژگی‌های خاک و رسوب را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که کمترین ضرایب تغییرات مربوط به pH و بعد فراکتال، و بیشترین ضریب تغییرات در میانگین هندسی قطر ذرات وجود دارد. همچنین با استفاده از آزمون کولموگراف- اسمیرنوف مقدار P-value به‌دست آمد. از آنجا که داده‌های مربوط به شوری، درصد فسفر، کربنات کلسیم معادل، ماده آلی ذره‌ای، میانگین وزنی قطر ذرات، و درصد سنگریزه $P > 0.05$ دارند، بنابراین آزمون معنی‌دار نبوده و توزیع داده‌ها نرمال است. در حالی که در مورد سایر ویژگی‌ها با $P < 0.05$ توزیع داده‌ها نرمال نیست (جدول ۱).

نتایج جدول توصیف آماری رسوب نشان می‌دهد که دامنه ضریب تغییرات داده‌ها از ۲/۵ تا ۵ است (جدول ۲). کمترین مقدار آن مربوط به درصد ازت و بیشترین مقدار مربوط به فسفر است. همچنین نتایج حاصل از آزمون کولموگراف- اسمیرنوف نشان می‌دهد که تنها داده‌های ماده آلی رسوب است که توزیع نرمال دارند ($P > 0.05$)، اما سایر ویژگی‌ها یعنی غلظت رسوب، مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم رسوب دارای توزیع نرمال نیستند.

اثر کاربری زمین بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و ساختمانی خاک

در جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های خاک در چهار کاربری مورد مطالعه نمایش داده شده است. بیشترین ماده آلی خاک (۰/۵۶۶ درصد) در مرتع دست‌نخورده مرغزار مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سه منطقه دیگر داشت. علت زیاد بودن مقدار ماده آلی در مرتع دست‌نخورده مرغزار تراکم بیشتر پوشش گیاهی و درصد بالای رس در این منطقه و کم بودن مقدار ماده آلی در جنگل مصنوعی تل سیاه کم بودن پوشش گیاهی آن است.

جدول ۱- توصیف آماری ویژگی‌های خاک

Table 1- Statistical description of sediment properties

متغیر Variable	واحد Unit	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات Coefficient of variation	P-value
pH	-	7.8	8.4	8.186	0.166	0.02	0
EC	$dS\ m^{-1}$	0.206	0.757	0.423	0.127	0.3	0.097
N	(%)	0.005	0.05	0.162	0.008	0.05	0
P	$mg\ kg^{-1}$	2	22.6	9.73	4.41	0.453	0.2
K	$mg\ kg^{-1}$	93.3	472	241.1	95.11	0.39	0.013
OM	(%)	0.141	0.759	0.318	0.158	0.497	0
BD	$g\ cm^{-3}$	1.3	1.72	1.52	0.111	0.072	0.043
Clay	(%)	6.88	20.9	13.88	3.734	0.269	0
Silt	(%)	4	38	24.22	8.61	0.355	0.016
Sand	(%)	41.1	89.1	61.86	11.7	0.189	0.007
CCE	(%)	0.75	19.7	10.1	5.21	0.516	0.085
POM	(%)	0.018	0.172	0.08	0.034	0.424	0.125
WDC	(%)	0	12.12	3.51	3.51	0.998	0
Tensile strength	kPa	20	141.05	45.7	26.72	0.584	0
Dm	-	2.7	2.993	2.9	0.072	0.025	0.02
dg	mm	0.042	0.548	0.182	0.012	0.643	0
σg	-	6.44	15.87	12.2	2.38	0.196	0
MWD	mm	0.012	0.099	0.064	0.0198	0.311	0.087
Gravel	(%)	19.32	49.6	34.3	8.3	0.242	0.075

BD جرم مخصوص ظاهری، CCE کربنات کلسیم معادل، POM ماده آلی ذره‌ای، WDC رس قابل پراکنش در آب، Dm بعد فراکتال، dg میانگین هندسی قطر ذرات خاک و σg انحراف معیار هندسی ذرات و MWD میانگین هندسی قطر خاکدانه است.

BD: Bulk Density, CCE Calcium Carbonate Equivalent, POM Particulate Organic Matter, WDC Water Dispersible Clay, Dm Fractal dimension, dg Geometric Mean Diameter, σg Geometric standard deviation, MWD Mean weight Diameter

جدول ۲- توصیف آماری ویژگی‌های رسوب
Table 2- Statistical description of sediment properties

متغیر Variable	واحد Unit	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات Coefficient of variation	P-value
غلظت رسوب (Sediment concentration)	g. l^{-1}	13.288	137.813	51.392	23.785	0.463	0.001
OM	%	0.34	2.9	1.56	0.491	0.381	0.063
N	%	0.02	0.04	0.0297	0.0064	0.269	0.003
P	mg. kg^{-1}	6.8	31.4	14.29	5.89	0.499	0
K	mg. kg^{-1}	177	641	318.5	124.9	0.476	0

ماده آلی ذره‌ای[1] که بخش قابل استفاده کربن آلی است، بیشترین حساسیت را به تغییر کاربری اراضی (۳۳) و تغییرات مدیریتی داشته و بر رفتارهای خاک مانند خاکدانه‌سازی تأثیر می‌گذارد (۱۵). به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار POM مربوط به مرتع دست‌نخورده مرغزار و جنگل مصنوعی تل سیاه است. یکی از دلایل زیاد بودن مقدار POM در مرغزار زیاد بودن مقدار ماده آلی و رس در این منطقه است. به‌طوری که فلاح‌زاده و حاج‌عباسی (۱۵) گزارش می‌کنند که وجود بقایای گیاهی تازه باعث افزایش مقدار POM در مناطق جنگلی نسبت به زمین‌های زراعی زاگرس شده است. علاوه بر این ترکیب ماده آلی ذره‌ای به بافت خاک و اجزای ریشه نیز بستگی دارد. بنابراین مقدار بیشتر ماده آلی ذره‌ای در مرتع دست‌نخورده می‌تواند نشان‌دهنده زیاد بودن بقایای ریشه حتی در صورت کم بودن مقدار زیست توده سطحی در آن منطقه باشد. از آنجا که تشکیل خاکدانه مواد آلی را در ریزمکان‌های خاکدانه‌ها تثبیت کرده و به صورت فیزیکی POM را از تجزیه میکروبی محافظت می‌کند (۳۳). بنابراین می‌توان انتظار داشت که زیاد بودن مقدار ماده آلی ذره‌ای در منطقه وضعیت بهتر خاکدانه‌ای خاک‌های آن منطقه را در پی داشته باشد (۳۱). به این جهت که ماده آلی ذره‌ای به‌عنوان هسته آلی عمل کرده که به وسیله ذرات رس، سیلت و خاکدانه‌ها احاطه می‌شود (۴).

کمترین مقدار رس قابل پراکنش در آب در جنگل حفاظت شده انار شیطان و بیشترین آن در جنگل مصنوعی تل سیاه مشاهده شد. در برخی نقاط انارشیطان مقدار رس قابل پراکنش صفر بود که به علت شنی بودن و کم بودن رس منطقه است. اعمال مدیریتی خاک نیز می‌توانند قابل پراکندگی رس را از طریق تاثیر بر مقدار کربن آلی و خاکدانه‌سازی تغییر دهند (۸) که در این مناطق عملیات مدیریتی خاصی انجام نشده است.

مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه در انارشیطان به طور معنی‌داری نسبت به کاربری‌های دیگر کمتر بود و بین سایر کاربری‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. میانگین وزنی قطر خاکدانه با اجزای بافت خاک و هم‌چنین مقدار کربنات کلسیم و ماده آلی هم‌بستگی معنی‌داری نشان داد (جدول ۴). سنگریزه و شن باعث تضعیف ساختمان و رس باعث افزایش مقاومت خاکدانه می‌شود. کربنات کلسیم و ماده آلی به عنوان سیمان عمل کرده و خاکدانه‌سازی را تقویت می‌کند (۱۰). کمترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه در انارشیطان دیده شد. کمبود ماده آلی و نبود رس به حد کافی دو عامل مهم در کاهش MWD در جنگل حفاظت شده انارشیطان نسبت به سایر کاربری‌ها می‌باشد. زیرا این دو ماده مواد اصلی تشکیل‌دهنده خاکدانه هستند. نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین مقدار بعد فراکتال به ترتیب در مرغزار و انارشیطان است. تل سیاه و فراش در میان این دو قرار دارند (شکل ۲ د). مقدار بعد فراکتال خاکدانه انارشیطان نسبت به کاربری‌های دیگر بیشتر بود. زیرا پایداری خاکدانه در این کاربری خیلی کمتر بود و بالا بودن بعد فراکتال بیانگر ریز بودن خاکدانه‌های موجود است. کاربری مرغزار با بیشترین مقدار ماده آلی، ماده آلی ذره‌ای، و حداکثر مقدار رس کمترین مقدار Dm را دارا است (شکل ۲ د، جدول ۳). بعد فراکتال مرتع فراش بیشتر از مرتع مرغزار بود. مرتع فراش به دلیل چرای دام و دخل و تصرف‌های بیشتر انسان و کم بودن مقدار ماده آلی بعد فراکتال بیشتری نسبت به مرغزار نشان می‌دهد. این نتایج با نتایج ژنگ و همکاران (۵۲) مبنی بر اثر منفی فعالیت‌های انسانی بر بعد فراکتال مطابقت دارد. از آنجا که مقدار کم MWD و مقدار زیاد بعد فراکتال در خاک‌ها نشان دهنده پایداری کمتر خاکدانه است (۱)، بنابراین انارشیطان کمترین مقدار پایداری خاکدانه را دارا می‌باشد. نتایج به‌دست آمده با مشاهدات مزرعه‌ای هم‌خوانی دارد.

طبق شکل ۲ (ب) مقاومت کششی خاکدانه در مرغزار به طور معنی‌داری بیشتر از سایر کاربری‌ها بود. زیاد بودن مقدار مقاومت کششی در مرتع مرغزار می‌تواند به دلیل زیاد بودن مقدار رس و ماده آلی این منطقه باشد. کاودیر و همکاران (۲۱) عواملی از قبیل مقدار و مینرالوژی رس، کربن آلی، و مواد سیمانی کننده را در مقاومت کششی خاکدانه مهم می‌دانند. تاجیک و همکاران (۴۶) بیان می‌کنند

1- Particulate organic matter

که مقاومت کششی با مقدار ماده آلی رابطه مستقیم دارد. از آنجا که مقاومت کششی خاکدانه‌ها از روش‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک است (۱۳) که اثر عوامل طبیعی مانند مدیریت و کاربری اراضی را منعکس می‌کند (۳۶) بنابراین می‌توان انتظار داشت که مناطق با مقدار مقاومت کششی زیاد دارای ساختمان خاک پایدارتری باشند.

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی خصوصیات خاک در بین کاربری‌های مورد مطالعه

Table 3- Comparison of the mean of some soil properties in studied land uses

کاربری زمین Land use	بافت خاک Soil texture	جرم مخصوص ظاهری Bulk Density ($g\ cm^{-3}$)	رس Clay (٪)	شن Sand (٪)	سنگریزه Gravel (٪)	ماده آلی Organic matter (٪)	ماده آلی ذره‌ای Particulate OM (٪)
مرتع دست خورده Disturbed pasture	لوم شنی Sandy loam	1.52^{b}	14.4^{b}	59.12^{c}	29.6^{c}	0.2^{b}	0.082^{b}
مرتع دست نخورده Undisturbed pasture	لوم، لوم شنی Loam, Sandy loam	1.43^{c}	17.36^{a}	48.6^{d}	28.7^{c}	0.57^{a}	0.107^{a}
جنگل حفاظت شده Protected forest	شن، شن لومی، لوم شنی Sand, Loamy sand, Sandy loam	1.58^{a}	9.28^{c}	77.28^{a}	42.9^{a}	0.25^{b}	0.074^{c}
جنگل مصنوعی Artificial forest	لوم شنی Sandy loam	1.52^{b}	14.48^{b}	62.4^{b}	35.8^{b}	0.22^{b}	0.057^{c}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns.

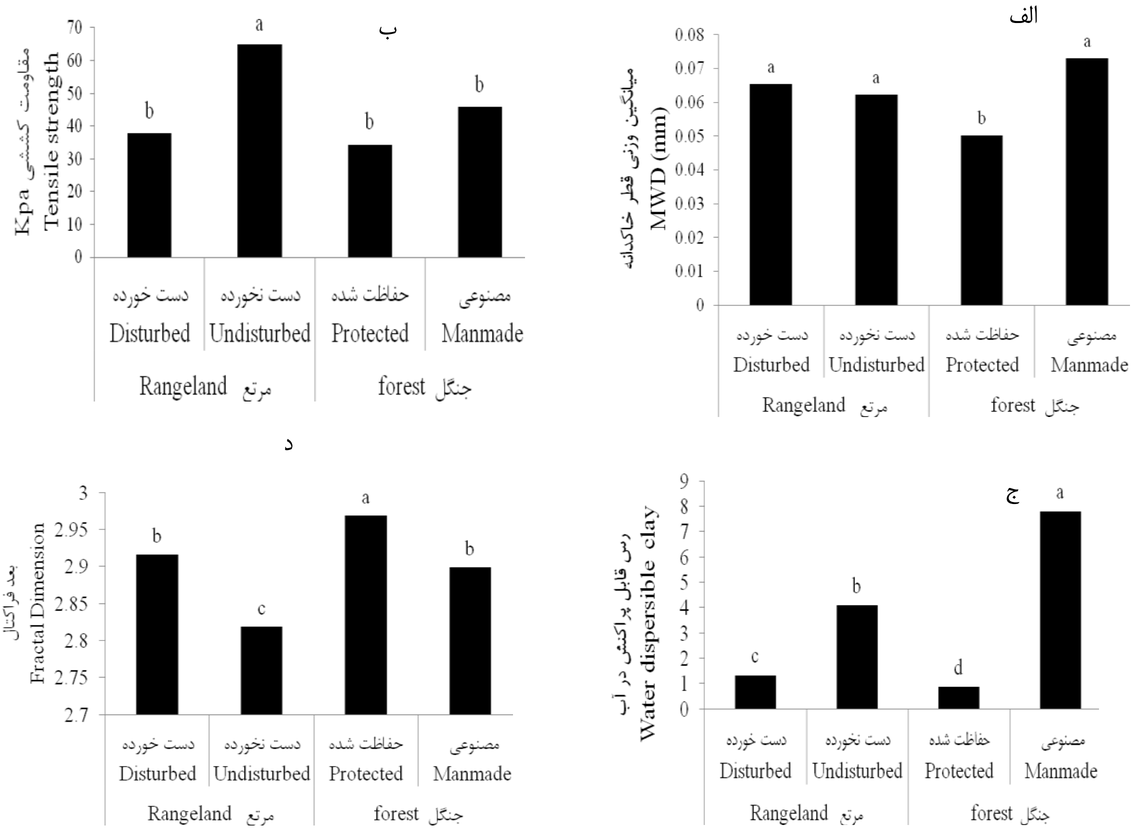
جدول ٤- ضرایب هم‌بستگی بین داده‌ها

Table 4- Correlation coefficients between data

	ماده آلی OM	جرم مخصوص ظاهری BD	رس Clay	شن Sand	کربنات کلسیم معادل CCE	رس قابل پراکنش WDC
ماده آلی OM	1					
چگالی ظاهری BD	-0.428**	1				
رس Clay	0.475**	-0.57**	1			
شن Sand	-0.587**	0.578**	-0.87**	1		
کربنات کلسیم معادل CCE	0.203*	-0.364**	0.59**	-0.621**	1	
رس قابل پراکنش WDC	0.009	-0.296**	0.371**	-.307**	0.482**	1
بعد فراکتال D	-0.552**	0.565**	-0.829**	0.814**	-0.483**	-0.378**
میانگین هندسی قطر ذرات dg	-0.433**	0.536**	-0.84**	0.922**	-0.704**	-0.377**
انحراف معیار هندسی ذرات σg	0.304**	-0.507**	0.889**	0.81**	0.713**	0.422**
میانگین وزنی قطر خاکدانه MWD	0.082	-0.146	0.311**	-0.327**	0.369**	0.288**
سنگریزه Gravel	-0.375**	0.476**	-0.498**	0.594**	-0.383**	-0.069
ماده آلی ذره‌ای P-OM	0.384**	-0.115	0.215*	-0.293**	-0.024	-0.174
ماده آلی رسوب Sediment-OM	-0.327**	0.268**	0.288**	0.352**	-0.265**	-0.16
غلظت رسوب Sediment Concentration	0.091	-0.102	0.072	-0.147	-0.032	-0.369**

ادامه جدول ٤

	بعد فراکتال D	میانگین هندسی قطر ذرات dg	انحراف معیار هندسی ذرات σg	میانگین وزنی قطر خاکدانه MWD	سنگریزه Gravel	ماده آلی ذره‌ای POM	ماده آلی رسوب Sediment-OM	غلظت رسوب Sediment concentration
بعد فراکتال D	1							
میانگین هندسی قطر ذرات dg	0.703**	1						
انحراف معیار هندسی ذراتσg	-0.696**	-0.888**	1					
میانگین وزنی قطر خاکدانهMWD	-0.274**	-0.363**	0.332**	1				
سنگریزه Gravel	0.524**	0.574**	-0.512**	-0.231*	1			
ماده آلی ذره‌ای POM	-0.172	-0.25*	0.129	0.079	-0.212*	1		
ماده آلی رسوب Sediment-OM	0.385**	0.27**	0.2*	-0.069	0.153	-0.092	1	
غلظت رسوب Sediment concentration	-0.058	-0.12	0.082	0.057	-0.245*	0.122	-۰/-0.106	1



شکل ۲- تغییرات الف: میانگین وزنی قطر خاکدانه، ب: مقاومت کششی، ج: رس قابل پراکنش و د: بعد فراکتال در کاربری‌های اراضی مختلف

Figure 2- Changes in a: mean weight diameter, b: tensile strength, c: dispersible clay, d: fractal dimension in different land uses

اثر کاربری زمین بر ویژگی‌های رسوب و فرسایش بین‌شیاری

در مرتع دست‌خورده فراش و جنگل مصنوعی تلسیاه ۲/۵ دقیقه بعد از شروع شبیه‌سازی، رواناب ایجاد شد. علاوه بر این مدت زمان لازم برای پر شدن ظرف یک لیتری از رواناب و رسوب در مرتع دست‌خورده ۷ و در جنگل مصنوعی ۱۲ دقیقه بود. هر چند دو کاربری مرتع دست‌خورده و جنگل مصنوعی زمان شروع رواناب یکسانی داشت، اما در جنگل مصنوعی رواناب با سرعت کمتری ایجاد شد که به خاطر نفوذپذیری بیشتر خاک این منطقه به دلیل وجود شن و وجود پوشش سنگی روی سطح خاک است. سرعت تولید رواناب در جنگل حفاظت شده انارشیطان کند بود.

بیشترین غلظت رسوب و حداکثر مقدار فرسایش بین‌شیاری در مرتع دست‌خورده فراش و کمترین در جنگل مصنوعی تل‌سیاه مشاهده شد (شکل ۳ الف و ب). وجود بیشترین مقدار دست‌خوردگی و چرای دام در مرتع دست‌خورده فراش به همراه زیاد بودن شیب این منطقه نسبت به سایر نقاط، باعث شده که این منطقه بیشترین غلظت رسوب و فرسایش را داشته باشد. عوامل خاکی موثر در فرسایش و تولید رسوب در این کاربری‌ها را می‌توان به ویژگی‌های ذاتی خاک و عوامل فیزیوگرافی منطقه تقسیم‌بندی کرد. در کاربری مرتع دست‌خورده با وجود مناسب بودن MWD، مقاومت کششی و سایر عوامل موثر در فرسایش مشاهده شده است که نرخ فرسایش بالا است. این نتایج نشان می‌دهد که در کاربری مورد مطالعه نقش شیب و عوامل فیزیوگرافی نسبت به ویژگی‌های ذاتی خاک مهم‌تر است. اما در عوض مشاهده کم‌ترین مقدار فرسایش و رسوب در تل سیاه و انار شیطان به خاطر فراوانی درصد شن در این کاربری‌ها است، چرا که ذرات شن به دلیل وزن بیشتر نسبت به سایر ذرات برای حرکت و انتقال نیاز به نیروی بیشتری دارند. از طرف دیگر وجود پوشش سنگی یا ورنی بیابانی روی کل سطح منطقه تل سیاه باعث شده است که از تاثیر مستقیم قطرات باران بر سطح خاک جلوگیری شده و از آنجا که اثر قطرات باران عامل اصلی ایجاد فرسایش بینشیاری است، بنابراین کمترین مقدار فرسایش بین‌شیاری در این منطقه دیده شد. از این رو در دو کاربری جنگل ویژگی‌های ذاتی خاک نقش بیشتری بازی می‌کنند. علاوه بر این مشاهده غلظت رسوب ۵۱ گرم در لیتر در جنگل حفاظت شده می‌تواند به دلیل پایداری نسبتا کم خاکدانه‌ها و هم‌چنین بعد فراکتال بالای آنها باشد که نشان از پایداری ضعیف خاکدانه دارد. از طرف دیگر مقاومت کششی خاکدانه ها در این کاربری پایین و ماده آلی منطقه هم کم هست (شکل ۲ ب). همه این عوامل باعث می‌شوند که در اثر برخورد قطرات باران و فرسایش بین‌شیاری غلظت رسوب در این منطقه بعد از مرتع دست خورده بیشترین مقدار باشد.

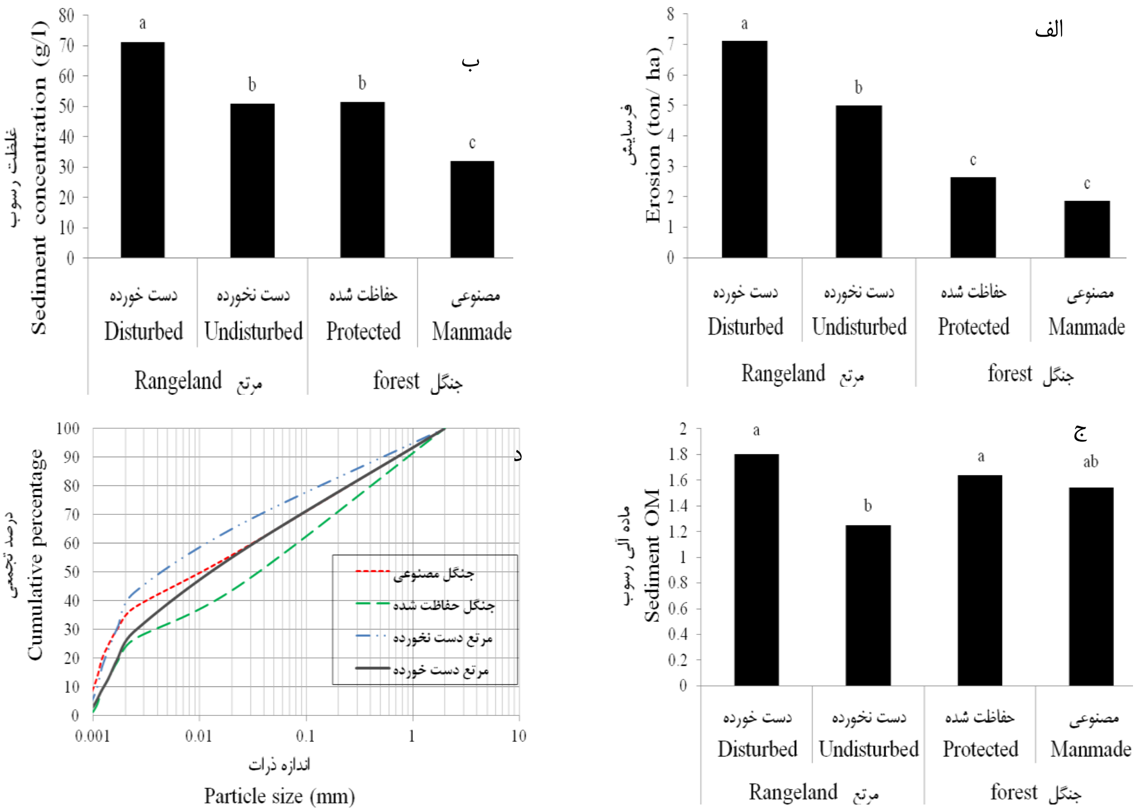
شکل ۳ (ج) کمترین مقدار ماده آلی رسوب را در مرتع دست‌نخورده و بیشترین مقدار آن را در مرتع دست‌خورده نشان می‌دهد. به طوری‌که میزان ماده آلی رسوب در مرتع دست‌خورده یک و نیم برابر بیشتر از مرتع دست‌نخورده بود. کم بودن مقدار ماده آلی رسوب در مرتع دست‌نخورده با وجود حداکثر بودن مقدار ماده آلی کل آن را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که احتمالا بیشتر ماده آلی این منطقه از نوع ماده آلی پایدار است که در زیر سطح خاک قرار دارند. چون در اثر فرسایش بین‌شیاری خاک سطحی فرسوده می‌شود، بنابراین مقدار ماده آلی رسوب مرتع دست‌نخورده از سایر مناطق کمتر است. هم‌چنین با توجه به اینکه در مرتع دست‌خورده و بعد از آن جنگل حفاظت شده میزان پایداری خاکدانه‌ها کمتر و تخریب‌پذیری خاک بیشتر بود، میزان تولید رسوب بالاتر و لذا میزان ماده آلی همراه با رسوب نیز در این کاربری‌ها بیشتر بود.

بزرگترین توزیع اندازه ذرات رسوب مربوط به جنگل حفاظت شده و کوچکترین مربوط به مرغزار بود. علت آن به درشت بودن بافت در جنگل و ریزتر بودن بافت خاک مرتع دست‌نخورده مربوط است. نتایج به دست آمده با نتایج کوی و همکاران (۳۵) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین مقدار فرسایش (۷ تن بر هکتار) و رسوب (۷۱ گرم بر لیتر) در مرتع دست‌خورده مشاهده شد. در حالی که جنگل مصنوعی کمترین مقدار فرسایش (حدود ۲ تن بر هکتار) و رسوب (۳۱ گرم بر لیتر) را داشت. نتایج هم‌چنین بیان می‌کند که بیشترین مقدار ماده آلی رسوب از مرتع دست‌خورده به دست آمد که احتمالا به دلیل زیاد بودن غلظت رسوب در این کاربری بود. از طرف دیگر به علت درشت بافت بودن جنگل حفاظت شده بزرگترین توزیع اندازه ذرات رسوب در این کاربری دیده شد. بررسی‌ها نشان داد که در برخی کاربری‌ها نقش ویژگی‌های ذاتی خاک مانند بافت خاک بیشتر و در برخی دیگر اثر شیب تعیین کننده‌تر است. به عنوان مثال جنگل حفاظت شده با کمترین مقدار پایداری خاکدانه (MWD)، حداقل مقاومت کششی و رس قابل پراکنش کم و بیشترین بعد فراکتال کمترین مقادیر فرسایش و رسوب را دارا بود، که نشان می‌دهد در این کاربری اثر بافت خاک و توزیع اندازه ذرات خاک بیشتر از پایداری خاکدانه است. از طرف دیگر مقایسه مقدار فرسایش و غلظت رسوب نشان می‌دهد که این دو ویژگی در کاربری‌های مورد مطالعه با هم مطابقت دارند. به این معنی که چون بیشترین مقدار فرسایش و بیشترین غلظت رسوب در مرتع دست‌خورده و کمترین آن در جنگل مصنوعی دیده می‌شود، بنابراین می‌توان غلظت رسوب را به

عنوان شاخص مقدار فرسایش در نظر گرفت. به طور کلی بهترین روش کاهش فرسایش بین‌شیاری در منطقه انجام اقدامات مدیریتی است که هم ساختمان خاک را بهبود بخشیده و هم فرسایش‌پذیری آن را کاهش دهد. از جمله این اقدامات مدیریتی حفظ و احیای پوشش گیاهی است که از این طریق ماده آلی افزایش یافته و سطح خاک حفظ شده و اثر فرسایش قطره بارانی کاهش می‌یابد.



شکل ۲- الف: مقدار فرسایش، ب: غلظت رسوب، ج: ماده آلی و د: توزیع اندازه ذرات رسوب در کاربری‌های اراضی مختلف بعد از شبیه‌سازی باران

Figure 3- a: amount of erosion, b: sediment concentration, c: organic matter and d: particle size distribution of sediment in different land uses after rainfall simulating

منابع

1- Abrishamkesh S., Gorji M., and Asadi H. 2011. Long-term effects of land use on soil aggregate stability. International Agrophysics 25(2): 103-108.

2- Amiri I., Sodaiezade H., Mosleh Arani A., Taie Semiromi J. and Hakimzade M.A. 2019. Autecology of Tecomella undulata (Roxb.) Seem in southern Iran. Journal of Forest and Poplar Research 26(4): 506-519. (In Persian with English abstract)

3- Blake G.R., and Hartge K.H. 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis Part 1, Physical and Minerological Methods. Agron. Monogr. 9, 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 364–367.

4- Bongiovanni M.D., and Lobartini J.C. 2006. Particulate organic matter, carbohydrate, humic acid contents in soil macro- and microaggregates as affected by cultivation, Geoderma 136(2006): 660–665.

5- Brtnicky M., Elbl J., Dvorackova H., Kynicky J., and Hladky J. 2017. Changes in soil aggregate stability induced by mineral nitrogen fertilizer application. Acta universitatis agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis 65(5): 1477-1482.

6- Bruce-Okine E., and Lal R. 1975. Soil erodibility as determined by raindrop technique. Soil Science 119(2): 149-157.

7- Burt R., Reinsch T.G., and Miller W.P. 1993. A micro pipette-method for water dispersible clay. Communications in Soil Science Plant Analysis 24 (19&20): 2531-2544.

8- Calero N., Barron V., and Torrent J. 2008. Water dispersible clay in calcareous soils of southwestern Spain. Catena 74: 22-30.

9- Cambardella C.A., and Elliott E.T. 1993. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. Geoderma 56: 449-457.
10- Chaplot V., and Cooper M. Soil aggregate stability to predict organic carbon outputs from soils. Geoderma 243–244: 205-213.
11- Chen X.Y., Zhao Y., Mi H.X., and Mo B. 2016. Estimating rill erosion process from eroded morphology in flume experiments by volume replacement method. Catena 136: 135-140.
12- Christon R. 2015. Vegetation, inter rill erosion and aggregate stability on grazed alpine meadows. Master thesis.
13- Dexter A.R., and Kroesbergn B. 1985. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. Journal of Agricultural Engineering Research 31: 139-147.
14- Ding W., and Huang C. 2017. Effects of soil surface roughness on interrill erosion processes and sediment particle size distribution. Geomorphology 295: 801-810.
15- FAllahzade J., and Hajabbasi M. 2012. Land use change effects on carbohydrate fractions total and particulate organic matter of forest soils in central Zagros Mountains. Journal of applied Sciences 12(4): 387-392.
16- Gee G.W., and Bauder J.W. 1982. Particle-size analyses In: Klute, A. (Ed.), Method of Soil Analyses, Part 1: Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, 383–411.
17- Gumiere S.J., Le Bissonnais Y., and Raclot D. 2009. Soil resistance to interrill erosion: Model parameterization and sensitivity, Catena 77: 274–284.
18- Hillel D. 1980. Fundamentals of soil physics. New York: Academic Press, 1980.
19- Jordan A. and Martinez-Zavala L. 2008. Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. Forest Ecology and Management 255(2008): 913-919.
20- Kamphorst A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility, Netherlands. Journal of Agricultural Science 35: 407-415.
21- Kavdir Y., Ozcan H., Ekinci H., Yigini Y., and Yuksel O. 2004. The influence of clay content, organic carbon and land use types on soil aggregate stability and tensile strength. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 28(3): 155-162.
22- Le Bissonnais Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: 1. Theory and methodology, European Journal of Soil Science 47: 425-437.
23- Legout C., Leguedois S., and Le Bissonnais Y. 2005. Aggregate breakdown dynamics under rainfall compared with aggregate stability measurements, European Journal of Soil Science 56: 225–237.
24- Levy G.J., and Mamedov A.I. 2002. High-Energy-Moisture-characteristic aggregate stability as a predictor for seal formation. Soil Science Society of America Journal 66: 1603–1609.
25- Li Z., Zhang G., Geng R., and Wang H. 2015. Rill erodibility as influenced by soil and land use in a small watershed of the Loess Plateau, China, Biosystems Engineering 129: 248–257.
26- Mahmoodabadi M., and Arabkhedri M. 2011. Rainfall and erosion simulation laboratory soil conservation and watershed management research institute: characteristics, capabilities and applications. Journal of Irrigation and Water Engineering 1(3): 1-11. (In Persian with English abstract)
27- Mamedov A.I., Huang C., and Levy G.J. 2006. Antecedent moisture content and aging duration effects on seal formation and erosion in smectitic soils. Soil science society of America Journal 70: 832–843.
28- Mamedov A.I., Mamedov G.S., and Mikailsoy, F. 2013. An effective aggregate stability method for soil management and quality evaluation. Soil-Water Journal 2, Number 2(1).
29- McLean E.Q. 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A.L. Miller, R.H. Keeney, D.R (Eds). Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and microbilogycal Ppropertiees, 2nd Ed Agronomy. 9: 199-224.
30- Miller W.P., and Miller D.M. 1987. A micro-pipette method for soil mechanical analysis. Communications in Soil science and plant analysis, 18:1, 1-15, DOI: 10.1080/00103628709367799.
31- Nciizah A.D., and Wakindiki I.I.C. 2012. Particulate organic matter, soil texture and mineralogy relations in some Eastern Cape ecotopes in South Africa. South African Journal of Plant and Soil 29(1): 39-46.
32- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus, In: A. L. Page (ed.) Methods of soil analysis Agron. No. 9, Part2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed., P. 403-430. American society agronomy, Madison, WI, USA.
33- Ontl T.A., Cambardella C.A., Schulte L.A. and Kolka R.K. 2015. Factors influencing soil aggregation and particulate organic matter responses to bioenergy crops across a topographic gradient. Geoderma 255-256: 1-11.
34- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed, Agron. Monog. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
35- Qi F., Zhang R., Liu X., Niu Y., Zhang H., Li H., Li J., Wang B., and Zhang G. 2018. Soil particle size distribution characteristics of different land-use types in the Funiu mountainous region. Soil and Tillage Research 184: 45-51.
36- Reis D.A., de Lima C.L.R., Pauletto E.A., Dupont P.B., and Pillon C.N. 2014. Tensile strength and friability of an alfisol under agricultural management systems. Scientia Agricola 71(2): 163-168.
37- Rienzy E.A., Fox J.A., Grove J.H., and Motocha C.J. 2013. Interrill erosion in soils with different land uses: The kinetic energy wetting effect on temporal particle size distribution, Catena 107: 130–138.

38- Roades, J.D. 1996. Salinity: electrical conductivity and and total dissolved solids. Method of soil analysis, Part 3: Chemical Methods. Madison. Wisconsin, USA. 417-436.
39- Robichaud P.R., Wagenbrenner J.W., and Brown R.E. 2010. Rill erosion in natural and disturbed forests: 1. Measurements, Water resources research, Vol. 46, W10506, doi: 10.1029/2009WR008314, 2010.
40- Roodab Paydar Consulting Engineers, 2011. Detailed studies of forest resources management plan in Tal Siah area, ministry of Agriculture. (In Persian)
41- Sabznegar Afaq Co. 1999. Farrash rangeland plan, ministry of Agriculture. (in Persian)
42- Saman Sabz Ariyan Consulting Engineers, 2008. Marghzar rangeland plan, ministry of Agriculture. (In Persian)
43- Saygın S.D., Cornelis W.M., Erpul G., and Gabriels D. 2014. Comparison of different aggregate stability approaches for loamy sand soils. Applied soil ecology 54:1-6.
44- Sheridan G.J., Noske P.J., Lane P.N.J., and Sherwin C.B. 2008. Using rainfall simulation and site measurements to predict annual interrill erodibility and phosphorus generation rates from unsealed forest roads: Validation against in-situ erosion measurements, Catena 73: 49–62.
45- Sparks D.L. Ed. 1996. Methods of Soil Analysis, Part3. Chemical Methods. SSSA Book Series, vol. 5. American sSociety of agronomy and soil science society of America, Madison, WI, USA. p. 1390.
46- Tajik F., Rahimi H., and Pazira E. 2002. The Effect of Soil Organic Matter, Electrical Conductivity, and Sodium Adsorption Ratio on Tensile Strength of Aggregates. JWSS. 2002 6(3): 151-161. (In Persian with English abstract)
47- Teramage M.T., Onda Y., Kato H., Wakiyama Y., Mizugaki S., and Hiramatsu S. 2013. The relationship of soil organic carbon to 210Pbex and 137Cs during surface soil erosion in a hillslope forested environment. Geoderma 192: 59-67.
48- Van Bavel C.H.M. 1950. Mean Weight Diameter of Soil Aggregates as a Statistical Index of Aggregation. Soil Science Society of America Journal 14: 20-23.
49- Walkly A., and Black I.A. 1934. An examination of digestion methods for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic and titration. Soil Science Society of America Journal 37: 29-38.
50- Yang P.L., Luo Y.P., and Shi Y.C. 1993. Fractal features of soil defined by grain weight distribution. Chinese Science Bulletin 38(20):1896–1899.
51- Zhang K.L., Shu A.P., Xu X.L., Yang Q.K., and Yu B. 2008. Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. Journal of Arid Environments 72: 1002–1011.
52- Zheng Z., He S., and Li T. 2011. Fractal dimensions of soil structure and soil anti erodibility under different land use patterns. African Journal of Agricultural Research 6(24): 5496-5504.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 2, May-June 2020, p. 455-469

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۹، ص. ۴۶۹-۴۵۵

Effect of Forest and Pasture Land Uses on Interrill Erosion and Some of Soil Physical Properties in Southeastern Iran

A. Sharifi [1*]- H. Shirani[2]- A.A. Besalatpour[3]- I. Esfandiarpour-Boroujeni[4]
Received: 11-11-2019
Accepted: 10-2-2020

Introduction: Interrill erosion is one of the major types of erosion playing key role in the transport of fine particles of the soil, particularly in arid and semi-arid regions, which leads to the decrement of soil fertility and surface water pollution. Land-use change is one of the main ways which reflect the interaction of human activities and the natural environment and can impact soil aggregation, aggregate stability, and erodibility. Hence, this research aimed to evaluate the susceptibility of soils under different land-use types (four types) to interrill erosion using both rainfall simulation test and soil aggregate stability indexes. The location of study area was around Jiroft city.

Materials and Methods: This study was conducted in four types of land use around Jiroft city in southern Iran, including disturbed pasture, undisturbed pasture, protected forests, and artificial forest. For each land use, 25 points were selected (A total of 100 points for all land uses). To measure soil physical and chemical properties, disturbed and undisturbed soil samples were collected from each point at a depth of 0–20 cm. The samples were transported to the laboratory where these samples were then air-dried. Some soil properties such as texture, organic carbon, electrical conductivity, soil acidity, calcium carbonate equivalent, and bulk density were measured, and available nitrogen, phosphorus, and potassium in the soil and sediment samples were also determined. Furthermore, some characteristics of soil particles, including the geometric mean diameter, geometric standard deviation, particulate organic matter, water-dispersible clay, tensile strength of soil aggregate, mean weight diameter and fractal dimension of aggregates were determined. To assess how susceptible are soils to interrill erosion, rainfall simulator was used to generate rainfall with an average intensity of 60 mm/h.

Results and Discussion: According to the results, the undisturbed pasture revealed the highest content of organic matter, particulate organic matter, clay, and tensile strength, while the minimum values of bulk density, sand percentage, and fractal dimension have been observed in this land use. For this reason, it is assumed that the aggregates of undisturbed pasture (intact rangeland) show more stability than other three land uses. The maximum and minimum values of bulk densities were observed in the protected forest (1.58 g cm^{-3}) and undisturbed pasture (1.43 g cm^{-3}), respectively. On the other hand, the highest value of aggregates fractal dimension, as well as minimum values for mean weight diameter and dispersible clay in the protected forest demonstrated that this land use had either no aggregate or its aggregates were very fine. As a matter of fact, lack of organic matter and insufficient clay content can be considered to be the reasons for poor aggregate stability in this land use. The highest and lowest values for tensile strength of soil aggregate were found in the undisturbed rangeland (64.82 kPa) and protected forest (34.38 kPa), respectively. The variations in the tensile strength of soil aggregate can be attributed to the changes in the contents of clay and organic matter in different land uses. Moreover, despite the maximum amount of total organic matter in the undisturbed pasture (or intact rangeland), the amount of sediment organic matter in this land use was lower than the other three land uses. It is because of the fact that most of the OM in this area was of a stable organic matter type, which was under the soil surface and was accordingly protected from surface erosion. The particle size distribution of sediment was smaller in the undisturbed pasture, whereas it was found to be larger in the protected forest. The reason can be attributed to the coarse-textured soil in the forest compared to the finer-textured soil in the undisturbed pasture (or intact rangeland). In addition, the highest sediment concentration and the highest rate of erosion were observed in the disturbed pasture. The artificial forest accounted for the minimum sediment concentration, while the artificial forest, as well as the protected forest, revealed the lowest erosion rate.

1, 2 and 4- Ph.D. Student in Soil Physics and Conservation, Professor and Assosiate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Arezoo_sha62@yahoo.com)
3- Ph.D. in Soil Science and Assistant Professor, Inter3 Institute for Resource Management, Berlin, Germany
DOI: 10.22067/jsw.v34i2.83911

Conclusion: The results of the current research demonstrated the high rate of interrill erosion in all land uses so that the disturbed pasture and artificial forest accounted for the highest and the lowest rate of erosion (7 and 2 ton/ha) respectively. According the results, intrinsic soil characteristics such as soil texture played major role in some land uses, while for the others, the slope impact was more crucial. On the other hand, both erosion rate and sediment concentration revealed the same trend under four different land uses of the study area. Therefore, because of the fact that the highest and the lowest rate of erosion, as well as sediment concentration, were found to be in the disturbed pasture, and the artificial forest, respectively, therefore the sediment concentration can be considered to be an important index for soil erosion. Due to high rates of erosion occurring in the study areas, some measures have to be undertaken to prevent and control soil erosion in this area. To achieve this aim, preventing people from entering the vulnerable area, avoiding livestock grazing, protecting existing plants and restoration of native plants can be mentioned as efficient measures to improve conditions.

Keywords: Dispersible clay, Fractal dimension, Rainfall simulator, Sediment, Tensile strength of aggregate